

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI
(c) 2003 Thomson Derwent. All rts. reserv.

013485647 **Image available**
WPI Acc No: 2000-657590/200064
XRPX Acc No: N00-487543

Electron emission element for use in a thin display or as emitter portion of a vacuum device, constructed so the electric field intensity immediately above the emission member is lower than that between the control electrode and the anode

Patent Assignee: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD (MATU); MATSUSHITA DENKI SANGYO KK (MATU)

Inventor: DEGUCHI M; IMAI K; KAWASE T; KITABATAKE M; KOGA K; KUROKAWA H; SEKIGUCHI T; SHIRATORI T

Number of Countries: 027 Number of Patents: 003

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 1037250	A1	20000920	EP 2000105315	A	20000316	200064 B
JP 2000268706	A	20000929	JP 9973334	A	19990318	200064
US 6400091	B1	20020604	US 2000525546	A	20000314	200242

Priority Applications (No Type Date): JP 9973334 A 19990318

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
-----------	------	-----	----	----------	--------------

EP 1037250	A1	E	21	H01J-021/10	
------------	----	---	----	-------------	--

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT
LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

JP 2000268706	A		9	H01J-001/304	
---------------	---	--	---	--------------	--

US 6400091	B1			G09G-003/10	
------------	----	--	--	-------------	--

Abstract (Basic): EP 1037250 A1

NOVELTY - In the electron emission element (10), the positions, shapes and electrical potentials of the electron emission member (14), the control electrode (15) and the anode (13) are adjusted so that the electrical field intensity immediately above the emission member (14) is lower than the electrical field intensity between the control electrode (15) and the anode (13).

DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is also included for an image output device.

USE - For use as an electron emission source for a flat display, a fluorescent display tube, an emitter portion of a vacuum device, or the like.

ADVANTAGE - High electric fields between emission element and control electrode are not required, reducing construction problems, also, there is no need for a focusing electrode, thus enabling easy production of an electron emission element which emits highly focused electron beams, allowing high resolution image output devices to be easily produced.

DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure is a cross-sectional view showing an example of the electron emission element.

Electron emission element ((13) Anode ((14) Electron emission member ((15) Control electrode. (10)

pp; 21 DwgNo 1A/7

Title Terms: ELECTRON; EMIT; ELEMENT; THIN; DISPLAY; EMITTER; PORTION; VACUUM; DEVICE; CONSTRUCTION; SO; ELECTRIC; FIELD; INTENSITY; IMMEDIATE; ABOVE; EMIT; MEMBER; LOWER; CONTROL; ELECTRODE; ANODE

Derwent Class: P85; U12; V05

International Patent Class (Main): G09G-003/10; H01J-001/304; H01J-021/10

International Patent Class (Additional): G09G-003/22; H01J-001/30;

H01J-029/04; H01J-031/12

File Segment: EPI; EngPI

Manual Codes (EPI/S-X): U12-B03D; V05-D01C5; V05-D05C5

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-268706
(P2000-268706A)

(43) 公開日 平成12年9月29日 (2000.9.29)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 J 1/304		H 0 1 J 1/30	F 5 C 0 3 1
	1/30		A 5 C 0 3 5
G 0 9 G 3/22		G 0 9 G 3/22	E 5 C 0 3 6
H 0 1 J 29/04		H 0 1 J 29/04	5 C 0 8 0
	31/12	31/12	C
審査請求 未請求 請求項の数21 O L (全 9 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-73334
(22) 出願日 平成11年3月18日 (1999.3.18)

(71) 出願人 000005821
松下電器産業株式会社
大阪府門真市大字門真1006番地
(72) 発明者 出口 正洋
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72) 発明者 北島 真
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(74) 代理人 100097445
弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

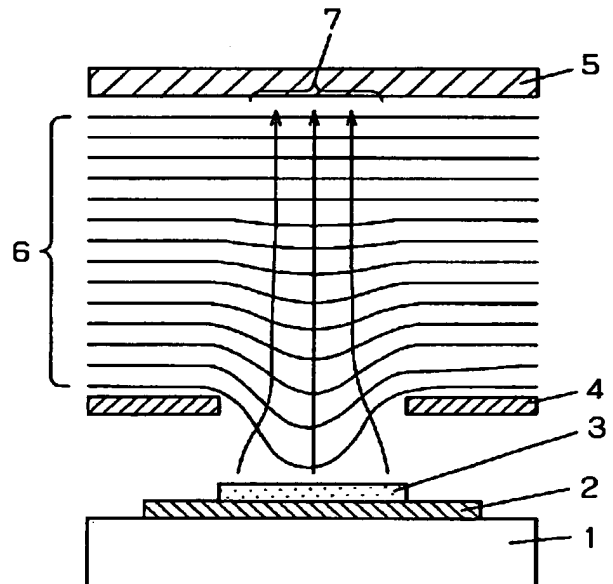
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子放出素子及びそれを用いた画像描画装置

(57) 【要約】

【課題】 ディスプレーーなどに応用可能な高効率電子放出素子を提供すること。

【解決手段】 制御電極4と電子放出部3間の空間に与えられる素子動作時の電界強度が、アノード電極5と制御電極4間の電界強度に比べて小さくなる部分を含む。あるいは電子放出部3の表面直上の空間での等電位面が、電子放出部3側に凸、対向するアノード電極5側に凹である曲率を有した形状である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、前記制御電極と前記電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の電界強度が、前記アノード電極と前記制御電極間の電界強度よりも小さくなる領域を含むことを特徴とする電子放出素子。

【請求項2】 少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、前記制御電極と前記電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の空間的な平均電界強度値が、前記アノード電極と前記制御電極間の平均電界強度値よりも小さくなることを特徴とする電子放出素子。

【請求項3】 制御電極と電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の空間的な平均電界強度値が、アノード電極と制御電極間の平均電界強度値の1/2以下であることを特徴とする請求項2に記載の電子放出素子。

【請求項4】 アノード電極と電子放出部が対向して設置され、かつ制御電極の設置位置が、前記アノード電極と電子放出部に挟まれた領域内であることを特徴とする請求項1または2に記載の電子放出素子。

【請求項5】 少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、前記電子放出部の電子放出表面直上の空間での等電位面が、前記電子放出部側に凸、対向するアノード電極側に凹である曲率を有した形状であることを特徴とする電子放出素子。

【請求項6】 電子放出部が、炭素(C)を主成分とする材料を含むことを特徴とする請求項1、2または5のいずれかに記載の電子放出素子。

【請求項7】 炭素を主成分とする材料が、少なくともダイヤモンドを構成要素に持つことを特徴とする請求項6に記載の電子放出素子。

【請求項8】 ダイヤモンドが、薄膜状であることを特徴とする請求項7に記載の電子放出素子。

【請求項9】 ダイヤモンドが、粒子状であることを特徴とする請求項7に記載の電子放出素子。

【請求項10】 ダイヤモンド粒子の平均粒径が、10 nm以上、0.1 mm以下であることを特徴とする請求項9に記載の電子放出素子。

【請求項11】 ダイヤモンドの表面が、少なくとも水素(H)終端された領域を有していることを特徴とする請求項7に記載の電子放出素子。

【請求項12】 炭素を主成分とする材料が、少なくとも炭素の六員環構造からなるグラフェン構造を構成要素に持つことを特徴とする請求項6に記載の電子放出素子。

【請求項13】 炭素の六員環構造からなるグラフェン構造を含んだ材料が、少なくともカーボン・ナノ・チューブを含んでいることを特徴とする請求項12に記載の電子放出素子。

【請求項14】 カーボン・ナノ・チューブの含有量が、1%以上であることを特徴とする請求項13に記載の電子放出素子。

【請求項15】 電子放出部が、カーボン・ナノ・チューブと黒鉛、フラーレン、ダイヤモンド、ダイヤモンド・ライク・カーボンから選ばれる炭素系物質、あるいはそれらの混合物を構成要素に有することを特徴とする請求項13に記載の電子放出素子。

【請求項16】 電子放出部が、カーボン・ナノ・チューブとタングステン(W)、モリブデン(Mo)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、ホウ素(B)、シリコン(Si)から選ばれる物質の炭化物、あるいはそれらの炭化物の混合物を構成要素に有することを特徴とする請求項13に記載の電子放出素子。

【請求項17】 電子放出部が、カーボンナノチューブと例えば銅(Cu)、銀(Ag)、金(Au)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)等の炭化物を形成しない金属物質、または炭化物、または炭素系物質、またはそれらの混合物を構成要素に有することを特徴とする請求項13に記載の電子放出素子。

【請求項18】 電子放出部が、繊維構造物質を含むことを特徴とする請求項1、2または5に記載の電子放出素子。

【請求項19】 電子放出部と対向する制御電極をマトリクス的に配置し、前記制御電極に対して与える信号を独立に制御することにより、2次元画像を表示させることを特徴とする請求項1、2または5に記載の電子放出素子。

【請求項20】 一画素あたり1個の電子放出部を並べてマトリクス的に配置し、カソード電極と制御電極を独立に制御することにより、2次元画像を表示させることを特徴とする請求項1、2または5に記載の電子放出素子。

【請求項21】 請求項19、20に記載の電子放出素子と、蛍光体層と、前記電子放出素子および蛍光体層を封止する容器とを備え、前記電子放出素子から照射される電子線により前記蛍光体層を発光させて画像を表示することを特徴とする画像描画装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高精細な薄型ディスプレイ用の電子線源や高速動作が可能な微小真空デバイスのエミッタ部分として適用可能な、電子を効率的に放出する電子放出素子に関し、特に放出電子の集束制御が簡便に達成できる電子放出素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、高精細な薄型ディスプレイ用の電子線源や、高速動作が可能な微小真空デバイスのエミッタ部分として、従来の熱陰極電子銃に代わる、加熱を必要としない冷陰極電子源が注目されている。このような電子放出素子のタイプとしては様々なものがあるが、電界放出型(FE型)、表面伝導型(SC型)、トンネル注入型(MIM型、MIS型)などが知られている。これらの素子構造は、微細加工技術を用いることによって小型化、集積化を図ることができるなどの特徴を有したものである。

【0003】FE型電子放出素子は、微細加工により形成される電子放出突起部分と制御電極(ゲート電極)により構成される。その動作は、制御電極に電圧をかけて電子放出部分に電界を印加することにより、シリコン(Si)やモリブデン(Mo)で作製されたコーン状の突起部先端に電界集中させ、電子を放出させるものである。

【0004】またSC型は、基板上に形成された薄膜の面内方向に電流を流すことにより、予め形成された電子放出部より電子を取り出すもので、一般的に薄膜の通電領域中に存在する微細な亀裂部分より電子放出するものである。

【0005】上記薄型ディスプレイ用の電子線源としての電子放出素子はFE型、SC型ともに、電子放出部と制御電極部の間に大きな電界をかけて電子放出を起こし、アノード電極部と制御電極部の間の電界(電子放出部-制御電極間の電界よりも小さな電界強度)で放出電子を加速する。加速された電子は、アノード電極表面に塗布されている蛍光体に照射され発光させて、ディスプレイの1画素を表示する。この場合、シリコン(Si)やモリブデン(Mo)等からの電子放出には非常に大きな電界を必要とし、この高電界を制御電極によって与える必要がある。それ故に、電極間のブレークダウンを抑えた低電圧で高電界を得るために、非常に微細な電極間距離の微細加工が必要となる。これら従来の電子放出素子は、制御電極-電子放出部間の電界強度がアノード電極-制御電極間の電界強度に比べて非常に大きく設定されていた。

【0006】またMIM型、MIS型素子は、金属層(M)、絶縁体層(I)、半導体層(S)等の積層構造を形成することにより、金属側よりアバランシェ等により注入された電子の一部を電子放出部より外部に取り出すものである。これらの積層構造は、絶縁体層に印加される電界強度によって放出電子量が制御されることから、上記積層構造のうち、絶縁層部分が制御電極-電子放出部間の距離にあたり、その部分の電界強度がアノード電極-制御電極間の電界強度に比べて非常に大きく設定されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】一般的に、電子放出材料及びそれらを用いた電子放出素子に望まれる特性は、(1)低電力で電子放出が可能であること、すなわちその物質の電子放出能力が高いこと、(2)安定な電子放出特

性を維持するために、エミッタ部が化学的に安定なこと、(3)耐摩耗性や耐熱性に優れていることなどが挙げられる。さらに高精細な薄型ディスプレイ用の電子線源としては、(4)放出電子の集束制御が容易であり、電子ビームの制御性が高いことが求められる。

【0008】その様な観点で従来技術を見た場合、FE型、SC型電子源では放出電流量の電子放出部形状依存性が大きく、その作製、制御が非常に困難であると共に、用いられている材料の表面安定性の点で課題があった。またこのFE型方式では、電子放出部が電界が集中する突起部先端のみであり、面状の電子放出を得ることは困難であった。

【0009】またMIM型やMIS型電子源は、一般的に大電流量を素子に印加する必要があるので素子の発熱が起これ、そのため電子放出特性が不安定になったり素子寿命が短くなったりするといった問題点があった。また電子放出を容易にするために、エミッタ部表面にセシウム(Cs)層等が設けられることもあるが、このような層は化学的に不安定であるため表面状態が安定でない、すなわち電子放出特性が安定でないといった問題点もあった。

【0010】また図3に示すように従来の電子放出素子は、電子放出部に対向して設置されたアノード電極に向かっての電界勾配よりも、電子放出部と制御電極の間の電界勾配の方が急であると共に、等電位面の形状がアノード電極側に凸となっている。このため放出電子はアノード電極面と平行方向の運動量成分を有し、アノード電極に向かって移動する際、軌跡が曲げられて、電子ビームとしての拡がりを持つこととなる。故に上記従来の電子放出素子を用いたディスプレイ等の応用を考える場合は、電子ビームの広がりを抑えるための集束電極や壁構造体を付加する必要があった。これらの付加部品は、ディスプレイの構造を複雑にし製造上の歩留まりを下げ、さらにコストアップにもつながり問題であった。

【0011】以上のようにこれまで用いられてきた材料および構造は、電子放出素子に要求される特性を十分に満たすものではなかった。

【0012】そこで本発明は、従来技術における前記課題を解決するため、少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、制御電極部と電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の電界強度が、アノード電極と制御電極間の電界強度に比べて小さくなる領域を含むことにより、安定にかつ効率的に電子を放出し、放出電子の集束性が高くかつ扱いが容易な電子放出素子を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に係る電子放出素子の構成は、少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、前記制御電

極と前記電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の電界強度が、前記アノード電極と前記制御電極間の電界強度よりも小さくなる領域を含むことを特徴とする。

【0014】また本発明に係る他の電子放出素子の構成は、少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、前記制御電極と前記電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の空間的な平均電界強度値が、前記アノード電極と前記制御電極間の平均電界強度値よりも小さくなることを特徴とする。

【0015】前記電子放出素子においては、制御電極と電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の空間的な平均電界強度値がアノード電極と制御電極間の平均電界強度値の $1/2$ 以下であることが好ましい。さらに好ましくは、平均電界強度値の $1/3$ 以下である。

【0016】また前記電子放出素子においては、アノード電極と電子放出部が対向して設置され、かつ制御電極の設置位置が、前記アノード電極と電子放出部に挟まれた領域内であることが好ましい。

【0017】また本発明に係る他の電子放出素子の構成は、少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、前記電子放出部の電子放出表面直上の空間での等電位面が、前記電子放出部側に凸、対向するアノード電極側に凹である曲率を有した形状であることを特徴とする。

【0018】また前記電子放出素子においては、電子放出部が炭素(C)を主成分とする材料を含むことが好ましい。

【0019】また前記炭素を主成分とする材料を含んだ電子放出部を有する電子放出素子においては、炭素を主成分とする材料が少なくともダイヤモンドを構成要素に持つことが好ましい。

【0020】また前記ダイヤモンドを構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子においては、ダイヤモンドが薄膜状、あるいは粒子状であることが好ましい。

【0021】さらに前記粒子状ダイヤモンドを構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子においては、ダイヤモンド粒子の平均粒径が 10 nm 以上、 0.1 mm 以下であることが好ましい。

【0022】また前記ダイヤモンドを構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子においては、ダイヤモンドの表面が少なくとも水素(H)終端された領域を有していることが好ましい。

【0023】また前記炭素を主成分とする材料を含んだ電子放出部を有する電子放出素子においては、炭素を主成分とする材料が少なくとも炭素の六員環構造からなるグラフェン構造を構成要素に持つことが好ましい。

【0024】また前記炭素のグラフェン構造を構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子においては、炭

素のグラフェン構造を含んだ材料が少なくともカーボン・ナノ・チューブを含んでいることが好ましい。

【0025】また前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ電子放出部を有する電子放出素子においては、カーボン・ナノ・チューブの含有量が 1% 以上であることが好ましい。

【0026】また前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ電子放出部がカーボン・ナノ・チューブと黒鉛、フラーレン、ダイヤモンド、ダイヤモンド・ライク・カーボンから選ばれる炭素系物質、あるいはそれらの混合物を構成要素に有することが好ましい。

【0027】また前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ電子放出部がカーボン・ナノ・チューブとタングステン(W)、モリブデン(Mo)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、ホウ素(B)、シリコン(Si)から選ばれる物質の炭化物、あるいはそれらの炭化物の混合物を構成要素に有することが好ましい。

【0028】また前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ電子放出部がカーボンナノチューブと例えば銅(Cu)、銀(Ag)、金(Au)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)等の炭化物を形成しない金属物質、または炭化物、または炭素系物質、またはそれらの混合物を構成要素に有することが好ましい。

【0029】また前記電子放出素子においては、電子放出部が繊維構造物質を含むことが好ましい。

【0030】また前記電子放出素子においては、電子放出部と対向する制御電極をマトリクス的に配置し、前記制御電極に対して与える信号を独立に制御することにより、2次元画像を表示させることが好ましい。

【0031】また前記電子放出素子においては、一画素あたり1個の電子放出部を並べてマトリクス的に配置し、カソード電極と制御電極を独立に制御することにより、2次元画像を表示させることが好ましい。

【0032】また本発明に係る画像描画装置の構成は、前記記載の電子放出素子と、蛍光体層と、前記電子放出素子および蛍光体層を封止する容器とを備え、前記電子放出素子から照射される電子線により前記蛍光体層を発光させて画像を表示することを特徴とする。

【0033】前記目的を達成するために、本発明に係る電子放出素子の構成は、少なくともカソード電極、アノード電極及び制御電極と、前記カソード電極に接して配置された電子放出部とを備えた電子放出素子において、前記制御電極と前記電子放出部間の空間に与えられる素子動作時の電界強度が、前記アノード電極と前記制御電極間の電界強度よりも小さくなる領域を含むことを特徴としている。この場合、例えば前記アノード電極-カソード電極間の電界分布は、次に述べる方法により形成される。まず制御電極が無い状態で、カソード電極-アノード電極間に電圧を印加し、この電圧のみによって発生

する電子放出部近傍の電界によって電子放出を起こさせる。次に、図1に示すように上記電子放出が起こる電子放出部近傍の電界を、制御電極に印加する電圧によって弱めることによって電子放出を止める。上記制御電極に印加する電圧を制御することにより、電子放出部から電子を放出させたり、止めたりする制御を行なう。上記電子放出を止めた場合には、制御電極—電子放出部間の電界強度がアノード電極—制御電極間の電界強度に比べて小さくなっている。ここで例えば、アノード電極—カソード電極間の電圧をもう少し上げた状態で、電子放出のon/offを行なうと、電子放出が起こっている状態でも、制御電極—電子放出部間の電界強度がアノード電極—制御電極部間の電界強度に比べて小さくなり、この本発明の電界強度分布を取ることににより、放出電子がアノード電極に向かって引き寄せられることになる。さらにこの場合、本発明の制御電極に印加する電圧値を適宜設定することにより、電子放出部近傍では放出電子ビームを集束する方向への電界分布を形成することができる。上記効果により、図3に示した従来の電子放出素子の放出電子ビームの拡がりの問題は抑制され、従来の問題点を解決できる。

【0034】前記電子放出素子においては、図1に示すようにアノード電極と電子放出部が対向して設置され、前記アノード電極と電子放出部にはさまれた領域内に制御電極が設置されると、所望の電界分布を容易に形成することができる。また図2に示すように、電子放出部と同一平面上に制御電極を設置した場合においても、前記本発明の電界分布は実現することができる。

【0035】さらに、電子放出部の電子放出表面直上の空間での等電位面が、電子放出部側に凸、アノード電極側に凹である曲率を有した形状であると、制御電極は放出電子の集束効果を高めるレンズの役目も果たす。故に本発明は、放出電子ビームの拡がりを単に抑制するばかりでなく、制御電極が集束電極の役目も同時に満たす構成も取ることが可能である。このように、本発明の電子放出素子により、従来の電子放出素子の電子ビームの拡がりの問題点を解決し、制御性の良い電子ビームを得ることが出来る。

【0036】また電子放出部を構成する材料として、炭素(C)を主成分とする材料を含むことが望ましい。なぜならば、炭素系材料は電界印加による電子放出が比較的容易な材料であると共に加工性に富んでいるため、電子放出部を形成するのに適しているからである。故に本発明の構成において、電子放出部が炭素(C)を主成分とする材料を含むという好ましい例によれば、容易に電子放出能力の高い電子放出部を有する電子放出素子を提供することができる。

【0037】また前記炭素を主成分とする電子放出部を有する電子放出素子において、炭素を主成分とする材料が、少なくともダイヤモンドを構成要素に持つことが望

ましい。なぜならば、ダイヤモンドは負の電子親和力を有した材料であることから、電界印加により電子放出を容易に起こすことが可能であるからである。故に本発明の構成において、炭素を主成分とする材料が少なくともダイヤモンドを構成要素に持つという好ましい例によれば、容易に電子放出能力の高い電子放出部を有する電子放出素子を提供することができる。

【0038】また前記ダイヤモンドを構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子において、ダイヤモンドが薄膜状であることが望ましい。なぜならば、薄膜状であると一般のフォトリソグラフィーなどの手法を利用して電子放出部を任意の位置・形状に作りこむことが出来るからである。

【0039】また前記ダイヤモンドを構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子において、ダイヤモンドが粒子状であっても良い。なぜならば、ダイヤモンド粒子を混入させた溶液等を簡易な印刷法等の手法で塗布することによっても、前記と同様の効果を有する電子放出部を任意の位置・形状に形成することが出来、ディスプレイ等を作製する際のプロセス構成を容易なものにすることができるからである。

【0040】また前記ダイヤモンド粒子を構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子において、ダイヤモンド粒子の平均粒径が10nm以上、0.1mm以下であることが望ましい。なぜならば、平均粒径が10nm以下のダイヤモンド粒子は小さすぎるため扱いが難しいので印刷などにより任意の位置に設置するのが困難であり、また0.1mm以上の大きなダイヤモンド粒子ではディスプレイ等で要求される電子放出部の大きさとして大きすぎるのでディスプレイ等の構成を形成するのが困難であるからである。故に本発明の構成において、ダイヤモンド粒子の平均粒径が10nm以上、0.1mm以下、さらに望ましくは100nm以上、10μm以下であるという好ましい例によれば、容易に電子放出部を形成できると共に、効率的な電子放出部を形成することが可能となる。

【0041】また前記ダイヤモンドを構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子においては、ダイヤモンドの表面が少なくとも水素(H)終端された領域を有していることが望ましい。なぜならば、ダイヤモンドの電子親和力特性はその表面状態と密接な関係があり、その表面が水素(H)で終端されていることにより、ダイヤモンド表面の負の電子親和力特性を高めることができるからである。故に本発明の構成において、ダイヤモンドの表面が少なくとも水素(H)終端された領域を有しているという望ましい例によれば、効率的な電子放出が可能となる。

【0042】また前記炭素を主成分とする電子放出部を有する電子放出素子において、炭素を主成分とする材料が少なくとも炭素の六員環構造からなるグラフェン構造

を構成要素に持つことが望ましい。なぜならば、ダイヤモンドと同様に炭素のグラフェン構造を有する材料(例えば、グラファイト)においても、電界印加により電子放出を容易に起こすことが可能であるからである。故に本発明の構成において、炭素を主成分とする材料が少なくとも炭素の六員環構造からなるグラフェン構造を構成要素に持つという好ましい例によれば、容易に電子放出能力の高い易電子放出部を有する電子放出素子を提供することができる。

【0043】さらに前記炭素のグラフェン構造を構成要素に持つ電子放出部を有する電子放出素子において、炭素のグラフェン構造を含んだ材料が少なくともカーボン・ナノ・チューブを含むという望ましい例によれば、より電子放出能力の高い電子放出材料を構成することができる。なぜならばカーボン・ナノ・チューブは、前記炭素のグラフェン構造を有する材料の中でも低電界下での電子放出が可能であるからである。故に電子放出部を、少なくともカーボン・ナノ・チューブを含んだ材料で構成することにより、容易に低電界下での電子放出を起こすことができると共に、電界分布の設定を容易することができる。

【0044】また前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ電子放出部を有する電子放出素子において、カーボン・ナノ・チューブの含有量が1%以上であるという望ましい例によれば、実用上充分な電子放出量を容易に得るだけのカーボン・ナノ・チューブ量を確保することができる。

【0045】電子放出部の材料として適したカーボン・ナノ・チューブを用いる場合、当然のことながらその含有量が高いに越したことはない。しかしながら前記のように実用上、数V \times 1%もあれば充分である。その際、カーボン・ナノ・チューブと同時に充填される混合物によってカーボン・ナノ・チューブが変質したり分解したりする度合いが変化することが考えられる。故に本発明の構成において、前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ電子放出部がカーボン・ナノ・チューブと黒鉛、フラーレン、ダイヤモンド、ダイヤモンド・ライク・カーボンから選ばれる炭素系物質、あるいはそれらの混合物を構成要素に有する、あるいは前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ炭素を主成分とする電子放出部がカーボン・ナノ・チューブとタングステン(W)、モリブデン(Mo)、クロム(Cr)、タンタル(Ta)、ニオブ(Nb)、バナジウム(V)、ジルコニウム(Zr)、チタン(Ti)、ニッケル(Ni)、ホウ素(B)、シリコン(Si)から選ばれる物質の炭化物、あるいはそれらの炭化物の混合物を構成要素に有する、あるいは前記カーボン・ナノ・チューブを含んだ電子放出部がカーボン・ナノ・チューブと例えば銅(Cu)、銀(Ag)、金(Au)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)等の炭化物を形成しない金属物質、または炭化物、または炭素系物質、またはそれらの混合物を構成要素に有するという好

ましい例によれば、カーボン・ナノ・チューブの変質あるいは分解を防止できるため、安定性の高い電子放出部を提供することができる。

【0046】また前記電子放出素子において、電子放出部が繊維構造物質を含むという望ましい例によれば、繊維構造物質の端面、すなわち電子放出が容易な部分に対して印加電界を集中させることが可能となる、言い換えれば形状効果によって効率的に繊維構造物質に電界を印加できるので、低い引き出し電圧下でも電子を取り出すことが可能となる。とりわけ、前記遷移構造物質が炭素で構成されている場合は、その効果が顕著である。

【0047】ここで本特許で用いる「繊維構造物質」の意味について若干補足する。理化学辞典増訂版(岩波書店発行)において「繊維構造とは、多結晶質において、これを構成する小結晶の方位が無秩序でなく、各小結晶について、ある特定の晶帯軸(結晶軸)が共通の方向をとっているような構造(抜粋)」とあるが、本発明で用いる繊維構造物質の意味としては、その物質の構成要素が縦横のアスペクト比の大きい細長い繊維状形状のものを多く含み、その繊維状構造がある程度の方向性を持って集まったものを指す。故に本電子放出材料で用いる繊維構造物質とは、該物質に含まれる繊維状組織の長手方向がある程度の割合で一軸方向に揃った領域を有する物質を示すものであり、結晶学的に配向したような狭義の意味を指し示すものではない。以上のような観点で判断した場合、繊維構造物質グループに含まれる代表的な材料例としてはカーボン・ファイバーやウィスカー状構造の集合体などが挙げられるが、この限りではない。

【0048】また前記電子放出素子を用いて、電子放出部と対向する制御電極をマトリクス的に配置し、前記制御電極に対して与える信号を独立に制御して2次元画像を表示させる、あるいは一画素あたり1個の電子放出部を並べてマトリクス的に配置し、カソード電極と制御電極を独立に制御して2次元画像を表示させることが可能であり、かつトータルとして非常に低電力駆動が可能な二次元の平面電子放出源が作製可能である。

【0049】また前記電子放出素子を用いて、効率的に蛍光体を発光させることが可能な画像描画装置を構成することができる。

【0050】

【発明の実施の形態】以下、実施例を用いて本発明をさらに具体的に説明する。

【0051】<第1の実施の形態>まず図1のような構成において、電子放出部をダイヤモンド粒子を用いて作製した場合の結果について記す。

【0052】まずガラス基材1に形成されたカソード電極2上に電子放出部3となるダイヤモンド粒子を配置した。カソード電極2となる金属層は、本実施例においてはアルミニウム(Al)層を抵抗加熱法により堆積した。また電子放出部3は、平均粒径が0.1 μ mのダイヤモンド

ド粒子を分散させた溶剤(ダイヤモンド・インク)をスクリーン印刷法等で塗布することで作製した。そのパターンサイズは約 $50\mu\text{m}$ である。

【0053】さらに電子放出部3上に絶縁体層(図には未記載)を介して制御電極4となる金属層を配置した。この制御電極4の開口幅は約 $60\mu\text{m}$ 、電子放出部からの距離は約 $100\mu\text{m}$ とした。

【0054】以上のような方法で作製した下部パネルに対向させて、絶縁性の高さ: 1mm のスペーサー(図示せず)を介してアノード電極5を張り合わせ、測定試料とした。なお本実施例においては、アノード電極5としてガラス板に透明導電膜(ITO)と蛍光体(ZnO/Zn)を積層したものをを用いた。

【0055】上記試料を 10^{-7}Torr 程度の真空槽内に設置し、アノード電極に 10kV の正電圧を印加した結果、カソード電極上に配置されたダイヤモンド粒子からなる電子放出部より、大きな放出電流が得られると共に、さらに制御電極に $-0.1\sim 0.1\text{kV}$ の電圧を与えることによって、電子放出のOn/Off制御が可能であることが確認された。その際のカソード電極-アノード電極間の空間電界分布をシミュレーション並びに測定により調べたところ、素子動作時において制御電極-電子放出部間の空間電界強度の大きさは、アノード電極-制御電極間の空間電界強度値よりも小さい領域が大部分であり、その空間的な平均強度を比較すると $1/2$ 以下であった。またこの場合のカソード電極-アノード電極間における電子放出部直上の空間での等電位面は、図1に示したように電子放出部側に凸、対向するアノード電極側に凹である曲率を有した形状を有しており、その結果アノード電極に照射される電子ビームは集束していることがわかった。

【0056】本実施の形態において、制御電極の種類を他材料、例えばモリブデン(Mo)やニオブ(Nb)などに変えた場合や印刷塗布するダイヤモンド粒子の粒径や量を変えた場合などにおいても、同様の結果が得られた。

【0057】<第2の実施の形態>次に第1の実施の形態と同様、図1のような構成において、電子放出部をカーボン・ナノ・チューブ含有物を用いて作製した場合の結果について記す。

【0058】まず、電子放出部として用いるカーボン・ナノ・チューブ含有物は、ヘリウム(He)ガス雰囲気中で炭素棒電極間で直流アーク放電させることにより形成する陰極堆積物より採取した。実験条件は、He圧力: 40Torr 、炭素棒の純度: 99.999% 、直流アーク放電電圧: 25V 、放電電流: 300A である。カーボン・ナノ・チューブは通常、上記陰極堆積物内部の柱状組織部に多数存在していることから、この部分のみを回収し乳鉢で粉体化したものを電子放出物質として準備した。なおこの試料におけるカーボン・ナノ・チューブの含有量は $5\sim 10\text{Vol}\%$ である。このカーボン・ナノ

・チューブ含有粉末をを前記第1の実施例と同様、溶剤に分散させ(カーボン・ナノ・チューブ・インク)、スクリーン印刷法等でカソード電極上に塗布することで試料を作製した。

【0059】本実施例においてもアノード電極を張り合わせたパネルを作製し、真空槽に設置することで電子放出特性を測定した。その結果、アノード電極に 10kV の正電圧を印加することでカソード電極上に配置されたカーボン・ナノ・チューブ含有物からなる電子放出部より、さらに大きな放出電流が得られると共に、制御電極に $-0.1\sim 0.1\text{kV}$ の電圧を与えることによって、電子放出のOn/Off制御が可能であることが確認された。その際のカソード電極-アノード電極間の空間電界分布をシミュレーション並びに測定により調べたところ、素子動作時において制御電極-電子放出部間の空間電界強度の大きさは、アノード電極-制御電極間の空間電界強度値よりも小さい領域が大部分であり、その空間的な平均強度を比較すると $1/2$ 以下であった。またこの場合のカソード電極-アノード電極間における電子放出部直上の空間での等電位面は、図1に示したように電子放出部側に凸、対向するアノード電極側に凹である曲率を有した形状を有しており、その結果アノード電極に照射される電子ビームは集束していることがわかった。

【0060】本実施例においては、カソード電極上に塗布したカーボン・ナノ・チューブの含有量として $5\sim 10\text{Vol}\%$ のものをを用いたが、 $1\text{Vol}\%$ 以上のカーボン・ナノ・チューブを含めば、ある程度以上の存在確率でカーボン・ナノ・チューブを配置できるので、電界印加により電子放出部から実用上十分な放出電流量を得られることを確認した。

【0061】<第3の実施の形態>電子放出部として、精製したカーボン・ナノ・チューブ含有物及びその混合物を用いて図1のような構造を作製した結果について記す。

【0062】まず、電子放出部として用いるカーボン・ナノ・チューブ含有物は、上記実施の形態と同様、ヘリウム(He)ガス雰囲気中で炭素棒電極間で直流アーク放電させることにより形成する陰極堆積物より採取した。得られた陰極堆積物内部の柱状組織部を回収し乳鉢で粉体化したものをエタノールに混合し、さらに超音波を照射することによって粉碎、分散させた後、遠心分離によってカーボン・ナノ・チューブとそれ以外の成分を分離させ、前記処理後に得られる上澄み液を回収した。この溶液を乾燥させて、不純物分を除去したカーボン・ナノ・チューブ含有物を得た。なおこの精製処理によって、含有物中のカーボン・ナノ・チューブの含有割合は $40\sim 60\text{Vol}\%$ まで増加した。この精製カーボン・ナノ・チューブ含有物を印刷法で塗布することで作製したパネルを用いて電子放出特性を評価した。

【0063】その結果、上記実施の形態の場合と同様、

アノード電極に電圧を印加することでカーボン・ナノ・チューブ含有物からの電子放出が観測されると共に、制御電極に0～0.05kVの電圧を与えることによって、電子放出のOn/Off制御が可能であることが確認された。

【0064】本実施例において、電子放出部は精製したカーボン・ナノ・チューブ含有物のみで形成した場合について述べたが、含有割合を調整する目的で精製カーボン・ナノ・チューブ含有物に炭素系物質やフラーレン粉末、アルミニウム(Al)粉末を混合して、含有割合を1～50V^o1%の範囲にした場合においても同様の結果が得られた。

【0065】また上記以外にも、混合物として黒鉛、フラーレン、ダイヤモンド・ライク・カーボン、ダイヤモンド等の炭素系材料やタングステン、モリブデン、クロム、タンタル、ニオブ、バナジウム、ジルコニウム、チタン、ニッケル、ボロン、窒素、シリコン等の物質の炭化物、あるいは銅(Cu)、銀(Ag)、金(Au)、白金(Pt)、アルミニウム(Al)等の炭化物を形成しない金属物質、またはそれらの混合物でも、含有カーボン・ナノ・チューブを変質させることないので、同様の結果が得られることを本発明者らは確認した。

【0066】＜第4の実施の形態＞電子放出部として、精製したカーボン・ナノ・チューブ含有物及びその混合物を用いて図2のような構造を作製した結果について記す。

【0067】まず、電子放出部として用いるカーボン・ナノ・チューブ含有物は、上記実施の形態と全く同じものを用いた。得られた精製カーボン・ナノ・チューブ含有物を印刷法で塗布することで図2のような構造の下部パネルを作製し、絶縁性スペーサーを介してアノード電極を対向させた試料を用いて電子放出特性を評価した。

【0068】その結果、前記と同様、アノード電極に電圧を印加することでカーボン・ナノ・チューブ含有物からの電子放出が観測されると共に、カソード電極と同一平面上に配置された制御電極の電圧を変化させることによって、電子放出のOn/Off制御が可能であることが確認された。そのこの場合のカソード電極－アノード電極間における電子放出部直上の空間での等電位面も、図2に示したように電子放出部側に凸、対向するアノード電極側に凹である曲率を有した形状を有しており、その結果アノード電極に照射される電子ビームを集束させることができることを確認した。

【0069】＜第5の実施の形態＞電子放出部を構成する材料として繊維状グラファイトを採用した場合の結果について、以下に記す。前記実施の形態と同様、繊維状グラファイト粉末をカソード電極上に塗布し、そのパネルからの電子放出特性を評価した。

【0070】その結果、前記と同様、カソード電極に電圧を印加することで繊維状グラファイトからの電子放出

が観測されると共に、制御電極に与える電圧値を変化させることによって、電子放出のOn/Off制御が可能であることが確認された。

【0071】本実施例においては、電子放出部材料が繊維状グラファイトの場合について述べたが、他の繊維構造材料、例えばカーボン・ファイバーの場合においても同様の結果が得られた。

【0072】＜第6の実施の形態＞前記各実施の形態で用いた電子放出素子を複数個ガラス基材上に配置した構成の電子放出源を作製した場合について以下に説明する。

【0073】前記と同様の方法で、カソード電極の上にダイヤモンドあるいはカーボン・ナノ・チューブ含有物等からなる電子放出部並びにそれに対応する制御電極を複数個配置し、個々の電子放出素子の制御電極に対して独立に電圧を印加した。

【0074】その結果、上記構成において個々の制御電極に印加する電圧を変化させることで、それぞれに対応する電子放出素子のOn/Off制御、並びに電子放出量制御ができることが確認された。

【0075】さらにアノード電極に蛍光体を塗布して個々の電子放出素子から放出させた電子によって蛍光体を発光させた場合、制御電極に印加する電圧を制御することで二次元的に蛍光体発光の様子が制御できることが確認された。すなわち、制御電極に印加する電圧を画像信号とすることで上記構成を用いた電子放出源を画像描画装置の電子放出源として用いることができることを本発明者らは確認した。

【0076】

【発明の効果】以上のように、本発明に係る電子放出素子は、簡便な方法で高効率の集束制御された電子ビームを供給する電子放出素子およびそのアレイを提供可能とし、次世代の情報端末として期待される平面ディスプレイ等の電子放出部分として容易に適用可能であるため、その工業的意義は大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る電子放出素子の概念を示す図

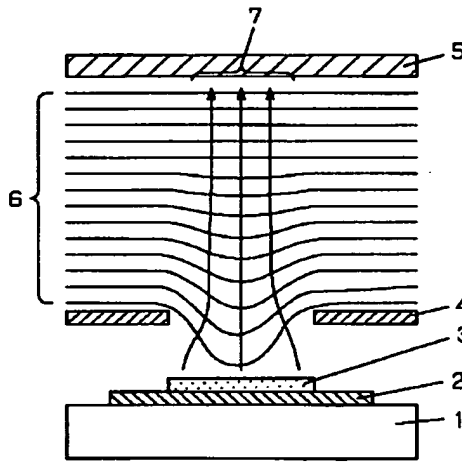
【図2】本発明に係るもう一つの電子放出素子の概念を示す図

【図3】従来の電子放出素子(スピント型)の概念を示す図

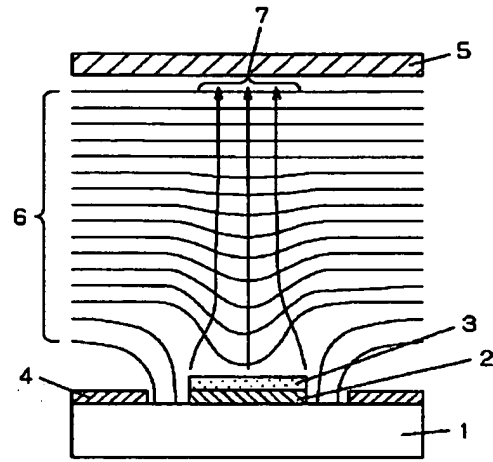
【符号の説明】

- 1 基材
- 2 カソード電極
- 3 電子放出部
- 4 制御電極
- 5 アノード電極
- 6 等電位面
- 7 放出電子流

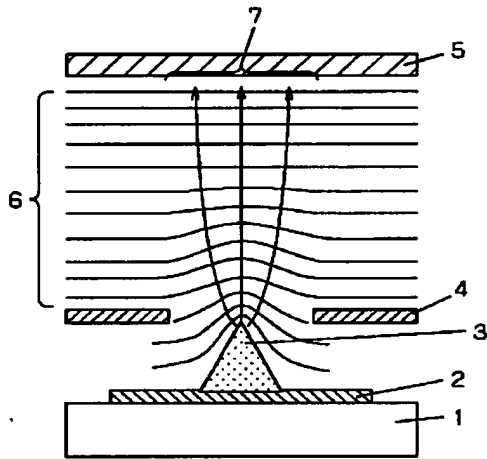
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 今井 寛二
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 関口 友宏
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 黒川 英雄
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 古賀 啓介
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 白鳥 哲也
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
(72)発明者 川瀬 透
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内
Fターム(参考) 5C031 DD09 DD17
5C035 BB01 BB07
5C036 EE01 EE05 EF01 EF06 EF09
EG12 EG15 EG19 EH04 EH11
5C080 AA08 BB05 CC03 DD07 DD10
FF10 HH17 JJ06 KK02 KK43

THIS PAGE BLANK (USPTO)